

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten



Sveriges
lantbruksuniversitet

Kadmium i livsmedel
– en sammanfattning för odlare av ätliga
trädgårdsprodukter

Cadmium in Foods
- A Summary for Producers Within the Horticultural Businesses

Av: Nina Magnusson

Examensarbete inom trädgårdsingenjörsprogrammet, 10 hp

Alnarp 2010

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten
SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

**Kadmium i livsmedel
– en sammanfattning för odlare av ätliga
trädgårdsprodukter**

Cadmium in Foods
- A Summary for Producers Within the Horticultural Businesses

Författare: Nina Magnusson

Alnarp 2010

Kurstitel: Examensarbete för trädgårdsingenjörer
Kurskod: EX0363
Omfattning: 10 hp
Nivå: Grund AB

Handledare: Håkan Asp
Examinator: Siri Caspersen
Område Hortikultur, SLU

Nyckelord: kadmium, spridning, åkermark, gröda, livsmedel, växttillgänglighet,
tillförsel, bortförsel, balans, exponering

Sammanfattning

Kadmium (Cd) är en tungmetall som förekommer naturligt i berggrunden, men människans utbredda användning av ämnet har lett till en omfattande spridning i vår omgivning. Ett tecken på detta är de ökade kadmiumhalterna i åkermark och livsmedel som observerats under det senaste århundradet. Problemet är känt inom jordbruket, men både konsumenter och odlare inom trädgårdsnäringen har fördel av att kunskapen blir mer spridd. Denna litteraturstudie är tänkt att tjäna som en introduktion till problematiken kring kadmium. Målgruppen är främst livsmedelsproducenter inom trädgårdsnäringen. I arbetet behandlas kadmiums spridningsvägar, ämnets skadliga effekter på människan, halter av kadmium i olika trädgårdsprodukter samt råd till odlare om hur de själva kan påverka halten i sin jord och sina grödor.

Kadmium tillförs åkermarken främst via atmosfäriskt nedfall och olika typer av gödselmedel. Förhöjda halter i jorden leder generellt till högre upptag i grödan, vilket i sin tur leder till en för människan större exponering av ämnet via födan. Kroppen kan hantera små mängder av kadmium utan problem. Om halterna blir för stora ökas dock risken att drabbas av främst njurskador, men även benskörhet och vissa cancerformer förknippas med för hög kadmiumexponering. Senare års studier har visat att kadmium sannolikt är skadligt i betydligt mindre mängder än vad som tidigare bedömts. Som följd infördes inom EU förra året en avsevärd sänkning av gränsvärdet för högsta tolerabla intag av kadmium.

Olika växtarter har olika stort upptag av kadmium, och även mellan sorter inom samma art finns skillnader i upptag. Följden blir att det finns stora variationer i kadmiuminnehåll mellan olika växter. Upptaget påverkas också av förhållanden i marken, främst är det jordens totalhalt av kadmium samt pH-värde och mullhalt som har betydelse. Detta ger odlaren möjlighet att påverka innehållet av kadmium i sina grödor. Halten i marken kan hållas nere genom val av kadmiumfattiga gödsel- och jordförbättringsmedel. Grödans upptag kan minskas med genomtänkt grödval och bra underhåll av jorden.

Att vara medveten, ha kunskap om och vidta åtgärder mot spridning av kadmium är betydelsefullt både på kort och på lång sikt. Halten i grödorna behöver kontrolleras för att inte riskera att den uppnår skadliga nivåer vid normal konsumtion. Att hålla nere mängden kadmium i åkermark är viktigt eftersom det är svårt och tar lång tid att sanera en jord med förhöjda halter. För att inte riskera ökad exponering av kadmium, med ökade sjukdomar som följd, är det nödvändigt att åtgärder vidtas i tid.

Summary

The heavy metal cadmium (Cd) naturally exists in the bedrock, though it has been widely spread throughout the environment as a consequence of human activity. This has led to increasing amounts of cadmium in soil and crops during the past century. The problem is known within agriculture, but needs to be noticed even among consumers and within the horticultural businesses. The aim of the present study is to serve as an introduction to the complications with cadmium exposure, and the main target group is producers of food within the horticultural businesses. Matters discussed are the ways which cadmium is distributed in the environment, its impact on human health, contents of cadmium in different crops, and advice to producers on how to influence the cadmium contents of soil and crops.

Cadmium is added to the soil mainly via atmospheric fallout and different types of fertilizers. High cadmium contents in the soil generally causes enhanced uptake in crops, which leads to an increased exposure of cadmium to humans through the diet. The human body can handle minor amounts of cadmium without taking damage. Though if the boundaries are exceeded there is an increased risk to suffer kidney dysfunction, osteoporosis, and even some types of cancer. Recent studies have indicated that cadmium may be harmful in smaller amounts than previously estimated. As a consequence, a significantly lowered threshold value for acceptable daily intake of cadmium was introduced in the European Union only last year.

The uptake of cadmium varies between plant species, and even between different cultivars within the same species. This results in great variations in cadmium contents of different plants. The uptake is also affected by soil conditions such as total cadmium contents, pH value and existence of organic matter in the soil. This gives the owner possibilities to influence on the level of cadmium in his crops. Cadmium levels in soil can be kept low by choosing fertilizers with low cadmium contents. Crop levels can be lowered by well thought-out choices of crop type and tilling practices.

To be aware of the cadmium problem and take measures against further distribution of the substance is of importance for many reasons. Crop levels of cadmium must be under control not to exceed threshold values for human exposure. To maintain acceptable levels of cadmium in soils is crucial since it is very difficult to decontaminate soils with enhanced contents. To avoid increased human exposure of cadmium, with increased risk of disease as a consequence, it is of great importance that measures are taken.

Innehållsförteckning

Introduktion.....	6
Bakgrund och avgränsningar.....	6
Syfte och frågeställning.....	6
Tillvägagångssätt.....	7
Resultat.....	7
Naturlig förekomst av kadmium.....	7
Människans bidrag till spridning av kadmium.....	8
Hälsomässiga aspekter.....	9
Faktorer som påverkar kadmiumupptag hos växter.....	10
Jämförelser mellan kadmiuminnehåll i olika grödor.....	11
Tillförsel och bortförsel av kadmium på gårdsnivå.....	14
Rötslam.....	15
Diskussion.....	16
Odlarens möjligheter.....	16
Val av gödselmedel.....	17
Val av gröda och odlingsmetoder.....	17
Slutsats.....	18
Referenslista.....	19

Introduktion

Bakgrund och avgränsningar

Som livsmedelsproducent finns all anledning att sätta sig in frågan om kadmium. Ämnet sprids kontinuerligt i vår omgivning, inte minst i åkermarken, och tas i högre grad än andra tungmetaller upp av växter (Andersson, 1977). Spridningen av kadmium har till följd av medvetna åtgärder uppvisat en minskning på senare år (Eriksson, 2009). Fortsatta åtgärder är dock nödvändigt eftersom det i nuläget inte finns någon effektiv metod att på kort sikt minska kadmiumhalten i jorden. Problematiken med ämnet har under många år diskuterats inom framförallt jordbruket, men har betydelse även vid produktion av trädgårdsgrödor. Eftersom en betydande del av det kadmium människor får i sig härstammar från vegetabilier (Petersson Grawé, 1996) är det av stor vikt att ha kunskap om kadmium då man ägnar sig åt trädgårdsodling för mänsklig konsumtion.

En mängd studier (Alfvén, 2002; Berglund m.fl. 1994; Järup m.fl. 2000, Åkesson m.fl. 2008) har visat att kadmium bland annat stör njurarnas funktion, bidrar till benskörlighet och ökar risken att drabbas av vissa cancerformer. På senare år har nya rön antytt att kadmium sannolikt är skadligare än vad som tidigare bedömts. Som följd införde EU:s organ för livsmedelssäkerhet, EFSA (2009), en kraftig sänkning av gränsvärdet för tolerabelt dagligt intag av kadmium. Av dessa anledningar är det av stor vikt att se till att exponeringen av kadmium inte ökar. Ett led i att minska exponeringen är att minska halterna i åkermark och odlade grödor. I det avseendet är det viktigt att de som ägnar sig åt kommersiell odling av livsmedel har viss kunskap om kadmium, eftersom flera åtgärder för att minska tillförseln till jorden och upptaget i grödan kan göras på gårdsnivå.

Att minska tillförseln av kadmium till odlingsjorden har minst lika stor betydelse för den enskilde odlaren som för allmänheten. En ökad medvetenhet hos konsumenter skulle kunna leda till ökade krav på odlade produkter med avseende på kadmiumhalt. Om vissa grödor skulle visa sig innehålla skadliga halter minskar sannolikt efterfrågan av dessa och det kan då bli svårt att få ekonomin att gå ihop. Detta gäller såväl storskalig som småskalig produktion. Följdaktligen är det ytterst viktigt att se till att halten av kadmium i odlingsjorden hålls så låg som möjligt för att inte riskera att värdefull åkermark med tiden blir otjänlig för produktion av livsmedel.

Denna litteraturstudie är inriktad på svenska förhållanden. Problematiken med kadmium beskrivs inledningsvis mer allmänt i form av ämnets förekomst, användningsområden, spridning och hälsopåverkan. Efterföljande beskrivning av faktorer som påverkar växttillgänglighet, kadmiuminnehåll i grödor samt tillförsel och bortförsel på gårdsnivå riktar sig i första hand till producenter av sådana ätliga grödor som främst förknippas med trädgårdsnäringen.

Syfte och frågeställningar

Syftet med denna litteraturstudie är att belysa problemet med kadmium i svenska odlingsjordar ur ett konsument- och odlarperspektiv. Ambitionen är att tillhandahålla en sammanställning av grundläggande kunskap om kadmium och presentera den på ett lättbegripligt sätt. Därigenom kan arbetet tjäna som en introduktion för den som önskar införskaffa en större kunskap om ämnet. Den sammanställda informationen ska ge en övergripande bild av orsaker till att kadmium finns i jord och livsmedel, samt vilken betydelse

det har för människors hälsa. Vidare är målet att beskriva olika faktorer som kan påverka upptaget i grödan och förmedla vad den enskilde odlaren kan göra för att minska tillgängligheten av kadmium i sin mark, och därigenom minska halten i sina producerade trädgårdsgrödor.

Arbetets huvudsakliga frågeställningar har varit:

- Var kadmium kommer ifrån och hur det hamnar i våra livsmedel
- Hur kadmium inverkar på människors hälsa
- Vilka av de vanligaste grödorna som har högt respektive lågt innehåll av kadmium
- Vad den enskilde odlaren kan göra för att bidra till minskad kadmiumhalt i inhemskt odlade grödor

Förhoppningen är att detta arbete ska bidra till en kunskapsspridning och därmed större medvetenhet om kadmium bland producenter och konsumenter av trädgårdsgrödor. Därigenom skulle fler människor aktivt kunna bidra till att minska spridningen av kadmium på odlingsjordar för livsmedel och således i viss mån minska den mänskliga exponeringen av denna hälsovådliga tungmetall.

Tillvägagångssätt

Litteraturstudien har utförts genom att söka och bearbeta information om ämnet från ett flertal olika källor. Informationskällorna har till stor del utgjorts av vetenskapliga tidsskriftsartiklar, studier, rapporter och akademiska avhandlingar, men även hemsidor, böcker och tidningsartiklar. Material har tillhandahållits av handledare samt införskaffats huvudsakligen från SLU:s bibliotek i Alnarp och databasen Cab Abstracts.

Resultat

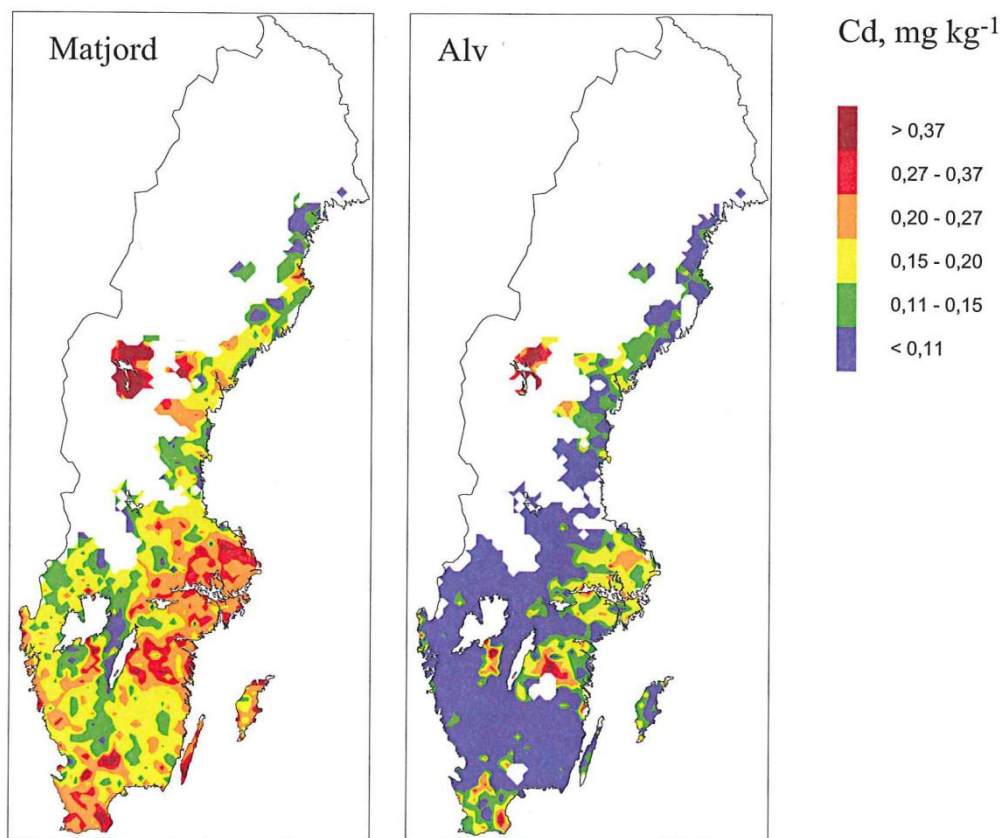
Naturlig förekomst av kadmium

Kadmium är ett grundämne och har beteckningen Cd. I egenskap av grundämne kan det inte brytas ner utan cirkulerar istället runt i naturen i olika former. Ämnet hör till gruppen tungmetaller och fyller såvitt man känner till ingen livsnödvändig funktion hos någon organism (Eriksson m.fl. 2005). Tvärtom har det visat sig ha skadliga effekter för människor, växter och djur, även vid exponering av förhållandevis små mängder.

Kadmium finns naturligt både i berggrunden och i jorden. Som kan utläsas av figur 1 varierar halterna mellan olika platser i Sverige. Detta beror till viss del på att olika bergarter innehåller olika mycket kadmium. Till exempel har alunskiffer visat sig ofta innehålla höga halter (Eriksson m.fl. 1995). Högre halter i berggrunden är också ofta kopplade till större mängd kadmium i den ovanliggande jordmånen (Eriksson, 2009). Modern materialet är dock långt ifrån den enda faktorn som påverkar kadiumhalten i marken.

Enligt Eriksson (2009) har medelhalten av kadmium i svensk matjord beräknats till 0,23 mg/kg, och medelhalten i alven beräknas till 0,14 mg/kg. Att halten är högre närmare jordytan är ett tecken på att kadmium med tiden anrikas i det övre jordlagret. Delvis beror det på att växters rötter tar upp kadmium från djupare jordlager, som sedan hamnar i markytan via växtrester. Dock tyder mycket på att påverkan från människan är den största anledningen till

ansamling av kadmium i matjorden. Tillförseln sker bland annat via atmosfäriskt nedfall, gödsling och kalkning.



Figur 1. Kadmiumhalter i matjord (0-20 cm) och alv (20-40 cm) angivet i mängd lösligt kadmium i 7M HNO₃ (Eriksson, 2009).

Människans bidrag till spridning av kadmium

Det var omkring 1940 som kadmium mer omfattande togs i bruk av människan. De huvudsakliga användningsområdena har varit batterier, färgämnen i bland annat glas och plast, stabilisatorer i PVC-plast, rostskyddsbehandling av stål samt legeringar i bland annat telefonledningar och kylarband till bilar (Lohm m.fl. 1997). Användandet i pigment, stabilisatorer och ytbehandling mot rost begränsades genom lagstiftning i början av 1980-talet (Bergbäck och Jonsson, 1998). Kadmium finns även som spårämne i zink, och förekommer därmed överallt där zink finns. Exempel på produkter som innehåller zink är bildäck och andra bildelar, förzinkad plåt i olika konstruktioner, tak, fasader, stolpar, räcken, soptunnor och antenner med mera. Det kadmium som finns i ovanstående produkter avges långsamt till omgivningen när de rostar, vittrar sönder och/eller bryts ner. Detta kan ske både medan de fortfarande är i bruk och genom utlakning från avfallsupplag. Försurande ämnen i nederbörden bidrar till att öka kadmiums rörlighet i marken. Därmed transporteras det vidare ut i vattendrag, sjöar och grundvatten. (Parkman m.fl. 1998).

Dessutom sker utsläpp av kadmium till luften, främst via utsläpp från industrier, förbränning av fossila bränslen och av sopor (EFSA, 2009). Detta leder till att vi får ett atmosfäriskt nedfall, så kallad deposition, av kadmium. År 1990 uppskattade man efter beräkningar att det dåvarande utsläppet av kadmium till atmosfären i Sverige var mindre än 5 ton per år. Det totala nedfallet av kadmium över landet uppgick dock till omkring 20 ton per år, vilket tyder

på att stora mängder nedfall härstammar från utsläppskällor i andra länder (Parkman m.fl. 1998). Den årliga depositionen av kadmium beräknades år 1997 ligga på cirka 0,45 gram/ha i sydvästra Sverige, cirka 0,30 gram/ha i mellersta Sverige och cirka 0,15 gram/ha i Norrland (Hellstrand och Landner, 1998). Nedfallet av kadmium har uppvisat en tydlig minskning sedan 1970-talet, med största sannolikhet tack vare lagstiftning om begränsade utsläppsmängder. Sverige var tidigt med att införa restriktioner för kadmium och har striktare regler för spridning av ämnet än många andra länder (Eriksson, 2009). Trots det utgör depositionen fortfarande den största tillförselkällan av kadmium på många svenska odlingsjor.

Ytterligare tillförselkällor av kadmium till åkermarken är olika typer av gödselmedel, framförallt fosforgödselmedel (Petersson Grawé, 1996). Även rötslam från avloppsreningsverk innehåller ofta höga halter av kadmium och kan därför tillföra en betydande mängd till de jordar som gödslas med rötslam (Jarlöv, 2010). Kalk innehåller som regel förhållandevis små mängder kadmium och bidrar därför till tillförseln i betydligt mindre omfattning (Andersson, 1992). Ovanstående tillförselkällor beskrivs mer ingående under rubriken ”Tillförsel och bortförsel av kadmium på gårdsnivå” på sidan 14.

Hälsomässiga aspekter

Av det kadmium som finns i jorden är det, jämfört med många andra tungmetaller, en stor andel som förekommer i löslig form (Andersson, 1977). Det leder till att det i högre grad tas upp av växter och således hamnar i odlade grödor och i livsmedel. För oss människor är den mat vi äter normalt den största källan till det kadmium som vi utsätts för. Undantag är personer som exponeras för kadmium genom sitt yrke eller är rökare, eftersom tobaksrök ger ett betydande tillskott (Petersson Grawé, 1996). Genomsnittsintaget av kadmium via kosten beräknas i Sverige ligga på omkring 13 mikrogram (μg) per dag (Berglund m.fl. 1994). Sannolikt finns det stora individuella variationer i detta värde beroende på kostens sammansättning.

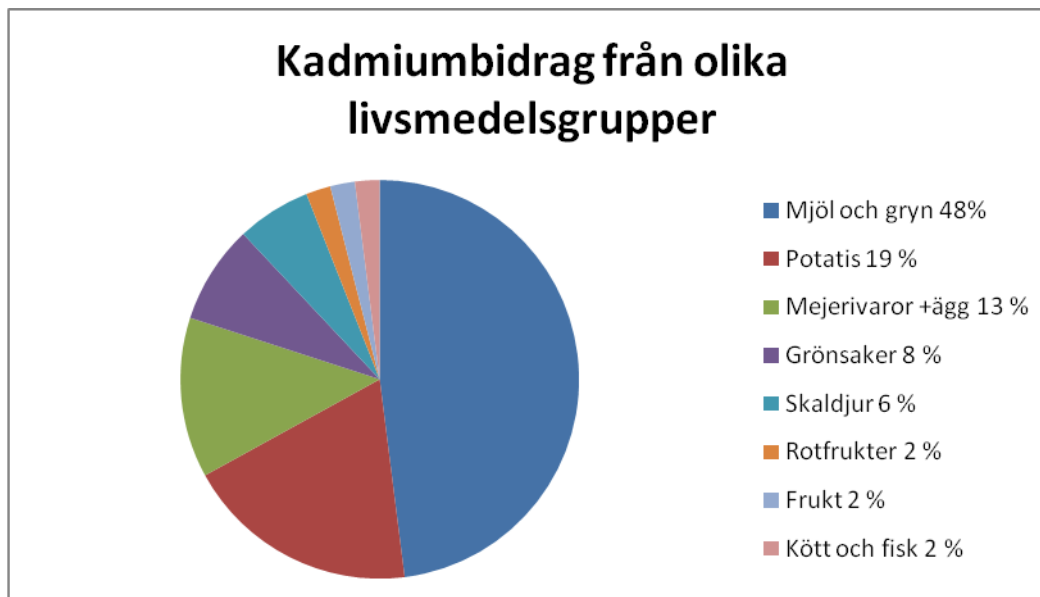
Petersson Grawé (1996) anger att närmare 80 procent av det kadmium vi får i oss via födan kommer från vegetabilier, och då till största delen från mjöl och gryn. Detta beror främst på att vi generellt äter mer av detta än av exempelvis grönsaker och frukt. Figur 2 visar kadmiumbidraget från olika typer av livsmedel i en genomsnittlig kost. Kött, ägg, mjölk och fisk innehåller som regel betydligt lägre halter av kadmium (Jorhem och Sundström, 1993), med undantag för inälvsmat som lever och njure samt skaldjur (Petersson Grawé, 1996). En uteslutande vegetarisk kost leder följaktligen vanligtvis till ett betydligt högre intag av kadmium än vad som är fallet för blandkost.

En väsentlig del av det kadmium som vi får i oss ansamlas i njurarna. Eftersom det frigörs väldigt långsamt byggs halten upp och ökar med stigande ålder (Alfvén m.fl. 2000). Denna upplagring riskerar att med tiden ge upphov till försämrad njurfunktion. I en studie av Järup m.fl. (2000) kom man fram till att en försämrad funktion hos njurarna kunde förekomma vid lägre exponeringsnivåer för kadmium än man tidigare trott. Kadmium utgör även en bidragande orsak till benskörhet. Man har kunnat se ett samband mellan kadmiumintag och minskad BMD (Bone Mineral Density) hos både män och kvinnor (Alfvén m.fl. 2000). Det råder osäkerhet om vad detta kan bero på. Möjliga orsaker kan vara att kadmium antingen ökar utsöndringen av kalcium med urinen, eller att adsorptionen av kalcium påverkas negativt. På senare år har man dessutom fått upp ögonen för att kadmium kan ha en negativ effekt på kroppsliga hormoner, särskilt östrogen. Åkesson m.fl. (2008) visade att exponering

av kadmium kan ha betydelse för uppkomsten av livmodercancer. Ytterligare studier har antytt att kadmium även kan ha betydelse för utvecklingen av cancer i flera andra inre organ som lunga, njure, urinblåsa och prostata (Waalkes, 2003).

Man har sett att risken att drabbas av njurskador ökar vid ett långvarigt (decennier) dagligt intag av kadmium på 50 µg/dag (Järup m.fl. 1998). Detta och många andra studier av kadmiums effekter på människors hälsa ledde till att EU:s organ för livsmedelssäkerhet, EFSA (European Food Safety Authority), år 2009 sänkte gränsvärdet för högsta tolerabla veckointag av kadmium från 7 µg per kg kroppsvikt till 2,5 µg per kg kroppsvikt (EFSA, 2009). För en person som väger 70 kg motsvarar det en sänkning från 70 µg/dag till 25 µg/dag (Eriksson, 2009).

I genomsnitt är det endast omkring 5 procent av det kadmium vi får i oss via födan som adsorberas i mag-tarmkanalen. Detta värde varierar dock mellan olika individer, och särskilt järnbrist är en bidragande orsak till ett ökat upptag av kadmium (Berglund m.fl. 1994). Låga järndepåer är vanligast förekommande hos kvinnor i fertil ålder på grund av förlust av järn via menstruationen. Även graviditet innebär en risk för ökat upptag av kadmium, eftersom det ökade järnbehovet riskerar att ge upphov till uttömda järndepåer (Åkesson m.fl. 2000).



Figur 2. Fördelningen av olika livsmedelsgruppers bidrag till kadmiumintag i en genomsnittlig kost. Efter Petersson Grawé (1996).

Faktorer som påverkar kadmiumupptag hos växter

Det är lätt att tro att en hög halt av kadmium i jorden automatiskt leder till ett högt upptag i grödan. Detta är dock inte alltid fallet, eftersom upptaget beror på hur växttillgängligt ämnet är samt olika växters benägenhet att ta upp kadmium. Som nämnts ovan förekommer en jämförelsevis stor andel kadmium i marken i lättlöslig, och därmed växttillgänglig, form. Hur stor del som är lättlöslig påverkas av flera olika markfaktorer, bland annat pH, jordart, ler- och humusinnehåll (Eriksson, 2009). Eftersom jorden är ett komplext system påverkas upptaget sannolikt av många fler faktorer, och mer forskning krävs för att bättre förstå alla samband (Eriksson, 1990b). Dock innebär en hög halt av kadmium i jorden alltid en ökad risk för att även innehållet i grödan blir större.

Vid lågt pH (under 5.0) minskar adsorptionen av kadmium till markpartiklarnas ytor, vilket ger upphov till en ökad mängd lösligt kadmium i markvätskan (Parkman m.fl. 1998). Generellt leder detta till ett högre upptag i grödan, men det finns skillnader i hur mycket olika växters upptag påverkas av markens pH (Eriksson, 1990a). En bidragande orsak till försurning av marken är den ökade användningen av kvävegödselmedel i ammoniumform. Ammonium har till skillnad från nitrat försurande egenskaper. Kalkningsbehovet ökar således på jordar som gödhas med ammoniumkväve (Hellstrand och Landner, 1998). Allmänt rekommenderas att man kalkar sin odlingsjord till ett pH på mellan 6.0 och 6.5 och försöker hålla halten av organiskt material på minst 4-5 procent (Eriksson, 1990a). Att kalka över rekommendationerna bör dock undvikas eftersom flera studier har visat att kalkning i vissa fall kan leda till ökat kadmiumupptag i grödan (Jansson och Öborn, 2002; Andersson och Siman, 1991). Det generella sambandet är att kadmiumupptaget minskar vid kalkning på platser där grödan har högt innehåll, medan platser där grödans kadmiuminnehåll är lågt istället får ökat upptag vid kalkning (Jansson, 2002).

Organiskt material i form av humus har en förmåga att binda kadmium i en mindre växttillgänglig form (Andersson, 1975/76). Denna förmåga tycks vara starkare vid högre pH (omkring 6.5), och har störst betydelse i mineraljordar (Eriksson, 1990b). Även lerpartiklar har en viss förmåga att binda till kadmium och därmed göra det mindre växttillgängligt (Jansson, 2002). I likhet med humus ökar denna förmåga med stigande pH. Humus är något mer effektivt än ler vad gäller att minska kadmiums växttillgänglighet, särskilt vid lägre pH (Andersson, 1977).

Ytterligare en faktor som kan ha viss betydelse för tillgängligheten av kadmium är nederbörds mängden. Under odlingssäsonger med större mängd nederbörd har man kunnat se en ökad halt kadmium i spannmål jämfört med torrare år (Eriksson, 1990b). En möjlig förklaring är att nedfallet av kadmium blir högre i och med att nederbörds mängden är större, samt att högre vattenhalt i sig ger upphov till ökad löslighet av ämnen i markvätskan (Andersson och Bingefors, 1985). Nederbörden innehåller även försurande ämnen som kan bidra till att öka tillgängligheten och upptaget av kadmium (Hellstrand och Landner, 1998).

Det är dessutom väl känt att förmågan att ta upp kadmium skiljer sig mellan olika växtarter, och även mellan sorter inom samma art. Det är det inte helt klargjort vad dessa skillnader beror på (Hamon m.fl. 1997), men man vet att växter kan påverka lösligheten av olika ämnen i rotzonen genom utsöndringar av organiska ämnen från rötterna (Eriksson, 2009; Grant m.fl. 1998). Olika typer av mekanismer i växterna tros påverka hur kadmium fördelas mellan olika delar i växten och huruvida det överförs till fröna eller ej. Genom växtförädling finns eventuellt möjligheter att ta fram sorter med lägre kadmiumupptag. Dock är det många olika egenskaper som eftersträvas, och ju fler faktorer som ska vägas in desto svårare blir förädlingsarbetet. Ännu så länge värderas egenskaper som hög avkastning och motståndskraft mot sjukdomar högre än lågt kadmiumupptag (Eriksson, 2009).

Jämförelser mellan kadmiuminnehåll i olika grödor

Växtarters och – sorters olika förmåga eller benägenhet att ackumulera kadmium i sina vävnader får till följd att vissa grödor generellt har högre halter än andra. Det största antalet studier har gjorts på spannmål och visar att vete har högst kadmiuminnehåll av de fyra sädesslagen. Havre kan också ha höga halter, men variationerna är stora. Korn och råg innehåller i de allra flesta fall betydligt mindre kadmium (Eriksson, 2009).

Bland de grödor som kan räknas till trädgårdsgrödor har ett stort antal studier gjorts på potatis och morötter. Detta är grödor som vi generellt äter mycket av i Sverige och som därför bidrar till en betydande del av vårt kadmiumintag (Jorhem och Sundström, 1993). Potatis uppvisade i ett försök av Jansson och Öborn (2002) stora skillnader i kadmiumhalt mellan de olika odlingsplatser som undersöktes, som bestod av tre orter i norra och två i södra Sverige. Halterna kan också skilja sig mellan olika sorter av potatis. I en studie av de viktigaste potatisproducenterna i Sverige har medelhalten av kadmium uppmätts till 10 µg/kg färskvikt (Öborn m.fl 1995). Värdena varierade mellan 1,4 till 39 µg/kg. I en annan studie av Jorhem och Sundström (1993) uppmättes något högre värden för svenskodlad potatis; mellan 8 och 46 µg/kg färskvikt, med en medelhalt på 17 µg/kg (se tabell I).

I ett försök på morötter utfört under åren 1993 och 1994 samlade man in prover från de viktigaste morotsproducenterna i Sverige (Jansson, 2002). Det visade sig även här att variationen i kadmiuminnehåll var stor. Lägsta uppmätta värde var 7 µg per kg och högsta värdet var 90 µg per kg. Medelvärde låg på 33 µg per kg (Jansson och Öborn, 2000). Alla värden är angivna i färskvikt. Detta kan sättas i förhållande till att det högsta tillåtna värde för morötter som ska användas i barnmatsproduktion i Sverige är 50 µg/Cd per kg färskvikt. I det aktuella försöket översteg 24 % av morotsproverna detta värde. Däremot var det inget prov som översteg EU:s gränsvärde för främmande ämnen i övriga livsmedel, som ligger på 100 µg/kg färskvikt (Jansson, 2002). Värdena som uppmättes i försöket visade likheter med försök som utförts i Danmark, Norge, Finland, Nederländerna och USA (Jansson och Öborn, 2000). Morötter gödslas med mycket fosfor (50 kg/ha och år) jämfört med exempelvis säd. Detta medför att en jord som under lång tid använts för morotsodling riskerar att ha ansamlat höga halter av kadmium.

De stora variationer i kadmiuminnehåll som uppmätts i potatis och morötter från olika platser i Sverige beror sannolikt på en rad olika faktorer. Jansson och Öborn (2000) visade att variationen i kadmiuminnehåll i morötter till väldigt stor del kan förutsägas genom faktorer som pH, humusinnehåll och jordens totalhalt av kadmium. Mycket tyder på att grödans upptag och innehåll av kadmium kan minskas genom att i den mån det är möjligt styra dessa faktorer. Hur detta kan göras beskrivs närmare under rubriken ”Tillförsel och bortförsel av kadmium på gårdsnivå” på sidan 14.

I bladgrönsaker ansamlas den största andelen kadmium i de flesta fall just i bladen (Jansson och Öborn, 2000). Sallat hör till de grödor som med stor sannolikhet tar upp mycket kadmium om de odlas på jordar med hög kadmiumhalt (Wolnik m.fl. 1983). Även spenat kan innehålla en hög andel kadmium i förhållande till sin vikt. En nederländsk studie har visat att växthusodlad spenat tenderar att innehålla högre halt kadmium än frilandsodlad (Ellen m.fl. 1990). Å andra sidan innehåller spenat även höga halter av många näringsämnen och vitaminer, däribland kalcium, järn, vitamin A och -C (Sundqvist, 1984). Frukter och bär innehåller som regel ytterst låga halter av kadmium, men vissa undantag finns, däribland hjortron och röda vinbär (Jorhem och Sundström, 1993).

Tabell I visar kadmiuminnehållet i ett flertal grönsaker, frukter och bär, både från den svenska marknaden och från andra länder. Uppgifterna är tagna från tre olika undersökningar; Jorhem och Sundström (1993), Ellen m.fl. (1990) samt Tahvonen och Kumpulainen (1995). Tabellen anger kadmiuminnehåll i mikrogram per kilo färskvikt. Eftersom det är i den formen dessa grödor oftast förtärs möjliggör det en mer realistisk jämförelse mellan halten i olika grödor än om man anger kadmiuminnehåll per kilo torrsvikt, som ses i en del undersökningar. Tilläggas

bör att värdena är mindre tillförlitliga i de fall där antalet prov är lågt. Ju fler prov som ligger till grund för ett uppmätt värde desto större är sannolikheten att proverna tagits på olika platser, vilket ger ett mer tillförlitligt mått på generellt kadmiuminnehåll i en produkt.

Tabell I.

Kadmiumhalt i olika grönsaker, frukter och bär angivet i mikrogram (μg) per kg färskvikt

Produkt	Medel	Min	Max	Referens	n
Potatis*	17	8	46	(1)	8
	6	1	16	(3)	-
Morot*	22	4	48	(1)	6
	24	2	74	(3)	12
Grön böna*	2	1	3	(1)	2
Brun böna*	6	5	7	(1)	2
Sojaböna	63	58	67	(1)	2
Gröna ärtor*	3	1	4	(1)	3
Sallat*	8	2	18	(1)	8
	11	4	20	(2)	20
	12	6	29	(3)	-
Kinakål*	17	12	26	(1)	2
Kål	3	1	7	(3)	-
Spenat	21	5	46	(2)	17
Endiv	24	6	68	(2)	20
Lök	9	4	22	(2)	22
Purjolök	13	3	33	(3)	-
Blomkål	7	4	10	(3)	-
Rödbeta	9	<5	18	(2)	19
Kålrot	9	5	13	(2)	22
Rotselleri	95	36	220	(2)	22
Tomat*	2	1	4	(1)	2
	1	<1	4	(3)	-
Gurka	<1	<1	<1	(3)	-
Äpple*	<1	<1	1	(1)	6
	2	<1	4	(2)	50
Päron*	6	4	8	(1)	3
	9	<1	24	(2)	10
Körsbär	6	<1	23	(2)	5
Plommon	3	1	5	(2)	7
Blåbär*	2	<1	6	(1)	13
Hallon*	7	<1	18	(1)	6
Jordgubbar*	8	<1	30	(1)	10
	7	3	12	(3)	-
Hjortron*	64	56	72	(1)	2
Krusbär	11	2	26	(2)	5
Svarta vinbär*	1	<1	2	(1)	13
	9	3	16	(2)	4
Röda vinbär	46	6	140	(2)	4
Björnbär	20	7	55	(2)	4
Tranbär	23	19	26	(2)	3
Vindruvor	3	<1	5	(2)	4

* = av svenskt ursprung

n = antal prover (- uppgift saknas)

(1) Jorhem och Sundström, 1993

(2) Ellen m.fl. 1990

(3) Tahvonen och Kumpulainen, 1995

Tillförsel och bortförsel av kadmium på gårdsnivå

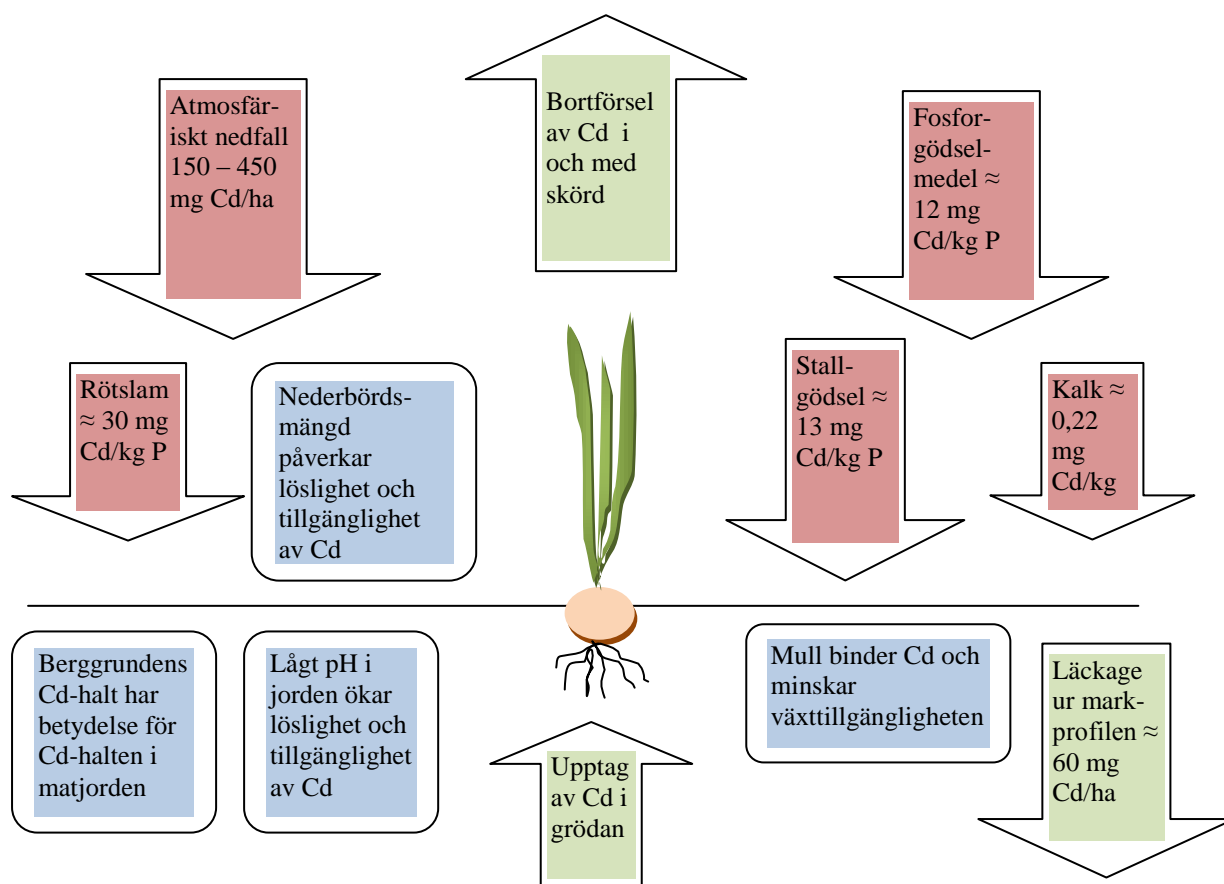
Bland gödselmedlen är det som tidigare nämnts fosforgödselmedlen som bidrar med den största andelen kadmium. Detta beror på att kadmium förekommer som förorening i fosforråvara (Petersson Grawé, 1996). Fosfor är en ändlig naturresurs och den stora efterfrågan gör det allt svårare att få tag i lättbruten råfosfat med låg föroreningsgrad (Naturvårdsverket, 2009a). Fosfor ingår i NPK som är det mest använda konstgödselmedlet i Sverige (Jarlov, 2010). Tidigare har de ledande gödselmedelsföretagen i Sverige garanterat en högsta halt på 5 mg Cd per kg P för NPK och NP-gödselmedel. På grund av brist på kadmiumfattig råvara har denna halt nyligen höjts till 12 mg Cd per kg P (Yara, 2010). En normalstor fosforgiva på 10 kg/ha innehållande 12 mg Cd per kg P skulle då tillföra 120 mg kadmium per hektar. Andra fosforgödselmedel som PK och P20 (superfosfat) innehåller avsevärt högre halter kadmium, över 25 mg per kg P, men dessa används i betydligt mindre omfattning (Eriksson, 2009). Dessa värden gäller för gödselmedel på den svenska marknaden. I andra länder kan halterna vara betydligt högre (Svenskt Vatten, 2009a).

Kadmium finns även i stallgödsel, men halterna kan vara svåra att förutse då mängden kadmium i gödsel skiljer sig mellan olika djurslag samt om det rör sig om fastgödsel eller flytgödsel. Enligt en rapport av Steineck m.fl. (1999) innehåller fastgödsel från nöt omkring 15 mg Cd per kg P. Motsvarande siffra för svinggödsel är 13 mg Cd per kg P. Halten kadmium i flytgödsel är betydligt lägre, endast omkring 25-50 procent av halten i fastgödsel. Stallgödselns kadmiuminnehåll påverkas i hög grad av hur mycket kadmium som förekommer i djurens foder. Vete, havre, rapsmjöl, sojamjöl, potatisprotein och betfibrer från sockerbetor är exempel på foderkomponenter som kan bidra med en betydande mängd kadmium i foder till bland annat slaktsvin (Lindén m.fl. 2001). Även vitamin- och mineraltillskott har ofta höga halter, men det totala bidraget blir sällan stort eftersom de utgör en förhållandevis liten andel i fodret. Lindén m.fl. (2001) visade även att stallgödsel från ekologiskt uppfödda svin innehöll högre halter av kadmium än gödsel från konventionellt uppfödda svin. Detta tros främst bero på att svin på ekologiska gårdar har möjlighet att böka i jorden och därigenom intar en betydande mängd kadmium.

Prover på foder till mjölkkor från en gård i norra Sverige har visat att foderkoncentrat (mineralämnen och proteintillskott) och sockerbetsbaserade komponenter (betför) i medelvärde innehåller mer än dubbelt så mycket kadmium som ensilage (Eriksson, 2009). Halten av kadmium i ensilage kan dock variera beroende på vilka örter som ingår och var de vuxit någonstans. Flera foderkomponenter, främst mineraltillskott och proteinkomponenter (raps-, potatis- och sojamjöl) är ofta importerade och medför därför ett kadmiumtillskott utöver det vi redan har i kretslopp i Sverige (Lindén m.fl. 2001). Stallgödsel från gårdar med mjölkkor eller slaktsvin innehåller generellt mer kadmium än NPK, räknat per kg fosfor (Steineck m.fl. 1999). Mineralgödselmedel som NPK har däremot ofta en försurande verkan som gör kadmium mer växttillgängligt, medan stallgödsel innehåller organiskt material som binder kadmium (Eriksson, 2009).

Bortförsel av kadmium sker i och med skörd samt genom ett visst läckage till djupare jordlager och grundvatten. Läckaget beräknas i genomsnitt ligga på 60 mg Cd per hektar och år (Andersson, 1992), men kan vara något större på jordar med lågt pH (Parkman m.fl. 1998). Bortförseln är dock ofta liten i jämförelse med tillförseln, vilket medför att det på många jordar under det senaste århundradet har förekommit en nettoackumulation av kadmium i marken (Andersson, 1992). Figur 3 visar källor med vilka kadmium tillförs åkermarken, hur det förs bort samt några faktorer som påverkar ämnets löslighet och växttillgänglighet.

För att minska mängden kadmium i jordar med förhöjda halter har man undersökt möjligheter till markrening med hjälp av växter (Eriksson, 2009). Ett förslag är att odla arter av *Salix* som har ett medelhögt upptag av kadmium. Skörden skulle sedan kunna användas till förbränning för energiproduktion. Nackdelarna med denna markrening är att det tar flera år att få effekt, och att det finns vissa svårigheter i genomförandet. För att få bort så mycket kadmium som möjligt måste även bladen föras bort. Låter man dem ligga kvar och brytas ner finns risk att kadmium som tagits upp från djupare jordlager på så vis anrikas i matjorden. Att ta upp bladen från marken varje år innebär ökade kostnader, och att skörda medan bladen sitter kvar medför att plantan dör och odlingen måste omplanteras kommande år. Bortförsel av bladen minskar dessutom återförseln av näringsämnen till marken. Det kadmium som tagits upp hamnar i askan från förbränningen, och denna aska måste tas om hand på något sätt för att inte åter hamna i åkermarken.



Figur 3. Flöden av kadmium till och från åkermark samt faktorer som påverkar löslighet och växttillgänglighet.

Rötslam

Slam är benämningen på restprodukten från kommunala avloppsreningsverk. I Sverige bildas varje år över 200 000 ton slam, räknat i torrsubstans (Svenskt Vatten, 2009b). Efter att det genomgått en nedbrytningsprocess under syrefria förhållanden i en röt-kammare brukar det kallas för rötslam. Rötslammet innehåller organiskt material och växtnäringsämnen, däribland en betydande mängd fosfor (Svenskt Vatten, 2009a). Detta är en av anledningarna till att rötslam sprids på åkermark. Återvinning av fosfor är nödvändigt eftersom tillgången är

begränsad. Dessutom vill man minska miljöproblem i form av övergödning till följd av fosforutsläpp (Naturvårdsverket, 2009b). Nackdelen är att rötslam dessutom innehåller en mängd andra ämnen som inte är önskvärda på åkermark, däribland kadmium. Avloppssystemet är många gånger gemensamt för hushåll, industri och dagvattenbrunnar, vilket får till följd att allt från läkemedelsrester till rengöringsmedel, tungmetaller och andra miljögifter hamnar i slammet (Jarlöv, 2010).

Organisationen Svenskt Vatten har tagit fram ett system, REVAQ, för certifiering av slam från reningsverk. De reningsverk som ansluter sig till systemet måste ha en långsiktig plan för att minska kadmiumhalten i sitt slam. I dagsläget är medelvärde för REVAQ-certifierat slam 25 mg Cd per kg fosfor, men värden upp till 35 mg Cd per kg fosfor tillåts (Svenskt Vatten, 2009a). Detta kan jämföras med kadmiuminnehållet i NPK, som är upp till 12 mg Cd per kg fosfor (Yara, 2010). REVAQ har inga gränsvärden för något av de andra skadliga ämnen som förekommer i slammet (Jarlöv, 2010). Slam som inte är certifierat enligt REVAQ hade år 2006 en genomsnittshalt på 37 mg Cd per kg P (Svenskt Vatten, 2009a). Skäl som uttalats mot spridning av rötslam på åkermark går ut på att omfattande spridning ger upphov till en oåterkallelig upplagring av kadmium och andra oönskade ämnen i vår odlingsjord, som riskerar att orsaka stora problem för framtida generationer (Witter, 2000; Jarlöv, 2010; Lindgren, 2010).

Diskussion

Stora mängder kadmium finns i omlopp och tillförs kontinuerligt åkermarken främst via atmosfäriskt nedfall och gödselmedel. Dessa tillförselposter kan ingen odlare komma ifrån. Det kadmium som en gång tillförts jorden kan endast föras bort via växters rötter eller genom läckage ur markprofilen. Denna bortförsel sker långsamt vilket får till följd att kadmium ansamlas i marken och att halterna i odlade grödor ökar. Omfattande forskning visar på stora skäl till att motarbeta denna upplagring. Att helt och hållet befria åkermarken från kadmium är dock inte möjligt, men knappast heller nödvändigt. En måttlig förekomst av kadmium är naturlig och i mindre mängder bedöms ämnet inte utgöra någon hälso- eller miljöfara. Viktigt i detta sammanhang är att ha begrepp om proportioner. Genomsnittsmängden kadmium i svensk åkermark är för närvarande 600 gram per hektar. Den årliga tillförseln per hektar är i storleksordningen 500 till 1000 milligram, det vill säga 0,5 till 1 gram (Andersson, 1992). Det av EFSA fastställda högsta tolerabla veckointaget av kadmium ligger på 2,5 mikrogram (0,000 0025 gram) per kg kroppsvikt (EFSA, 2009).

I dagsläget är halterna på de flesta svenska odlingsjordar hanterbara och har inte visats ge upphov till akuta risker hos den allmänna befolkningen, men det är svårt att säga hur stora marginaler vi har. Många studier har visat att kadmium redan nu är en bidragande orsak till bland annat njurproblem och benskörhet hos en mindre andel av befolkningen. Ökad kadmiumexponering ger ökade risker, och för att inte göra problemet större är det viktigt att exponeringen inte utökas.

Odlarens möjligheter

Den enskilde odlaren har av naturliga skäl begränsade möjligheter att själv påverka tillförseln av kadmium till sin odlingsjord. Men genom val av gödselmedel, gröda och odlingsmetoder går det att minska tillförseln och påverka hur mycket som överförs till grödan. Väl övervägda åtgärder kan göra stor skillnad ur ett längre perspektiv. På lokal nivå, låt säga en gård, bör man sträva efter att uppnå en balans mellan det kadmium som tillförs och det som förs bort.

Tillförseln bör om möjligt vara lägre än bortförseln, eller högst lika stor, för att inte kadmiumhalten i jorden ska öka.

Som odlare finns mycket att vinna på att ha kontroll över kadmiumbalansen i sin jord. Om (eller när) problemet med kadmium blir mer allmänt känt kan konsumenterna komma att kräva kadmiummärkning på livsmedel och att efterfråga produkter med låga halter. Lågt kadmiuminnehåll i grödan skulle då bli en konkurrensfördel och jordar med låga halter skulle få ett ökat värde.

Val av gödselmedel

Stallgödsel har ofta högre halter av kadmium än den handelsgödsel som finns på den svenska marknaden, men innehållet varierar beroende på stallgödsels ursprung. Än så länge har odlaren möjlighet att välja handelsgödsel och kalkningsmedel med förhållandevis låga kadmiumhalter. Efterhand som tillgången på kadmiumfattig fosforråvara minskar kommer det dock sannolikt bli svårare att hålla nere nivåerna i handelsgödseln.

En gård med djur skulle kunna använda sig av egenproducerad stallgödsel. Kadmiumhalten kan då hållas nere främst genom att välja djurfoder med mindre innehåll av kadmium (för att jämföra halter i olika fodermedel, se Eriksson 2009). En fördel med stallgödsel är att den bidrar med organiskt material som binder kadmium och gör det mindre växttillgängligt, medan mineralgödselmedel i många fall har en försurande verkan som tvärtom ökar tillgängligheten. Mullhalten måste dock kontinuerligt underhållas eftersom bundet kadmium frigörs efterhand som det organiska materialet bryts ner.

Rötslam innehåller som regel betydligt mer kadmium än både stallgödsel och den NPK som tillhandahålls på den svenska marknaden (Svenskt Vatten, 2009a; Steineck m.fl. 1999; Yara, 2010). Dessutom förekommer även många andra oönskade ämnen i slam. Mer forskning krävs för att kunna ta fram effektiva metoder att urskilja dessa ämnen ur slammet och därmed kunna återvinna fosfor. Det kadmium som finns i slam härstammar från många olika delar av samhället, och att lägga slammet på åkermark innebär därmed en koncentrerings av kadmium till den plats där den är som minst önskvärd; jorden där vi producerar våra livsmedel. Utan omfattande rening kan man starkt ifrågasätta lämpligheten i att sprida rötslam på åkermark.

Val av gröda och odlingsmetoder

Hur stort behovet av åtgärder är på en given plats beror i första hand på hur hög kadmiumhalten i jorden är. Om den är väldigt låg kan det räcka med att genom val av gödselmedel, kalk och eventuellt djurfoder se till att halten inte ökar. På jordar med förhöjda halter av kadmium kan det vara nödvändigt att anpassa valet av gröda så att halterna i det producerade livsmedlet kan hållas inom acceptabla gränser. För en del grödor finns möjlighet att välja sortvarianter med lägre kadmiumupptag, och ytterligare forskning för framtagning av lågackumulerande sorter pågår (Eriksson, 2009). I vissa fall kan det dock vara lämpligt att undvika att odla grödor som till exempel vete, potatis, morötter och en del bladgrönsaker som har potential att ta upp mycket kadmium när halten i jorden är hög, och istället odla dessa grödor på jordar med låga halter. Möjliga alternativ på kadmiumrika jordar är att odla exempelvis råg, kål, lök, frukt eller bär som generellt tar upp mindre kadmium. Om kadmiumhalterna är särskilt höga kan det även övervägas att istället odla fodergrödor till djur eller till och med genomföra någon typ av markrening.

Anpassning av grödvalet är inte alltid helt oproblematiskt när det gäller en etablerad odling. Att behöva byta gröda kan orsaka orimliga kostnader för en enskild odlare. I bästa fall kan det

då räcka med genomtänkta odlingsmetoder för att minska grödans upptag av kadmium. De viktigaste åtgärderna är att bibehålla en viss mullhalt och att se till att jorden inte har för lågt pH, helst inte under 6,0. Dessa åtgärder förbättrar även allmänt jordens fysikaliska och kemiska egenskaper. Kalkning skall dock inte överdrivas eftersom det har visats att det i vissa fall kan leda till ökat kadmiumupptag (Jansson, 2002). Mullhalten kan underhållas genom att regelbundet tillföra organiskt material, exempelvis genom att låta vall ingå i växtföljden, låta skörderester ligga kvar och/eller gödsla med stallgödsel. Att undvika försurande gödselmedel som ammonium bidrar också till att minska kadmiumupptaget i grödan.

Slutsats

Kadmium i åkermark och i livsmedel är ett problem som inte enkelt kan lösas, och måste därför hanteras ur ett långsiktigt perspektiv. Situationen är i dagsläget inte akut, men förebyggande åtgärder krävs redan nu för att så inte ska bli fallet i framtiden. De allra största åtgärderna måste till på global och nationell nivå i form av lagreglering för att minska användandet och spridningen av kadmium. Men även den enskilde odlarens åtgärder är av betydelse, inte minst när det kommer till att minska kadmiumupptaget av kadmium i grödan.

Vad gäller frukt och bär är kadmiumhalterna i de allra flesta fall så låga att det inte finns någon anledning att avråda från att äta dessa livsmedel. Bland grönsakerna finns större variationer och därmed större anledning att vara aktsam på kadmiumhalten. Dock är det som konsument viktigt att ha begrepp om proportioner mellan halt och mängd. För livsmedel som man äter sällan och i mindre mängder går det att tolerera ett högre kadmiuminehåll, eftersom det totala intaget då inte blir så stort. Däremot är det viktigt att kadmiumhalten är låg i livsmedel som man äter mycket av.

För genomsnittskonsumenten är grönsaker, rotfrukter och frukt inte ett stort problem, eftersom de endast står för omkring 12 procent av kadmiumintaget via kosten. För människor vars kost till större del, eller uteslutande, består av vegetabilier är det viktigare med kännedom om kadmiumhalt i olika produkter. Särskilt viktigt är det för personer med låga järndepåer. Dessutom rekommenderas av hälsoskäl att en ökad andel frukt och grönt ingår i kosten. För att kunna fortsätta äta dessa livsmedel utan att riskera att överskrida det högsta tolerabla intaget av kadmium är det viktigt att odlarna gör vad de kan för att hålla nere kadmiumhalterna i sina produkter.

Eftersom kadmium redan nu bidrar till uppkomsten av flera sjukdomstillstånd är alla åtgärder för att minska exponeringen av ämnet välkomna. Alla odlingsjordar är värda att skydda eftersom behovet av livsmedelsproduktion sannolikt kommer att öka i takt med ökad befolkningsmängd. Därför är det viktigt att alla odlare brukar sin jord på ett ansvarsfullt och långsiktigt hållbart sätt så att även framtida generationer kan garanteras en kost med tolerabla halter av kadmium.

Referenslista:

Alfvén T (2002). *Bone and kidney effects from cadmium exposure – dose effect and dose response relationships*. Diss: Karolinska Institutet Stockholm Sweden. ISBN: 91-7349-341-4.

Alfvén T, Elinder C-G, Dea Carlsson M, Grubb A, Hellström L, Persson B, Pettersson C, Spång G, Schütz A, Järup L (2000). *Low-Level Cadmium Exposure and Osteoporosis*. Journal of Bone and Mineral Research, 15 (8): 1579-1586.

Andersson, A (1975/76). *Influence of organic fertilizers on the solubility and availability to plants of heavy metals in soils*. Grundförbättring, 27: 159-164.

Andersson A (1977). *Heavy metals in Swedish soils: on their retention, distribution and amounts*. Swedish Journal of Agricultural Research, 7 (1): 7-20.

Andersson, A. (1992) *Trace elements in agricultural soils – fluxes, balances and background values*. Uppsala: Swedish Environmental Protection Agency, report 4077. ISBN: 91-620-4077-4.

Andersson A, Bingefors S (1985). *Trends and annual variations in Cd concentration in grain of winter wheat*. Acta Agric. Scand. 35: 339-344.

Andersson A, Siman G (1991). *Level of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer level*. Acta Agric. Scand. 41: 3-11.

Bergbäck B, Jonsson A (1998). *Cadmium in goods – contribution to environmental exposure*. Swedish National Chemicals Inspectorate. KEMI Report no 1/98. ISSN: 0284-1185

Berglund M, Åkesson A, Nermell B, Vahter M (1994). *Intestinal Absorption of Dietary Cadmium in Women Depends on Body Iron Stores and Fiber Intake*. Journal of the National Institute of Environmental Health Sciences [online] vol 102 no 12 p. 1058-1066. Tillgänglig: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1567470/pdf/envhper00408-0064.pdf> (2010-02-25).

EFSA (2009) *Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food*. The EFSA Journal [online] 980: 1-139. Tillgänglig: http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/contam_op_ej980_cadmium_en_rev.1,2.pdf [2010-02-25].

Ellen G, van Loon J W, Tolsma K (1990). *Heavy metals in vegetables grown in the Netherlands and in domestic and imported fruits*. Z Lebensm Unters Forsch [online] 190: 34-39. Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/hm147wt58t385121/fulltext.pdf> (2010-02-26).

Eriksson J (2009). *Strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport MAT21 nr 1/2009. ISBN: 978-91-86197-26-1.

- Eriksson J E (1990a). *A Field Study on Factors Influencing Cd Levels in Soils and in Grains of Oats and Winter Wheat*. Water Air and Soil Pollution [online]. 53: 69-81. Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/r3333v6pg76356v3/fulltext.pdf> (2010-02-26).
- Eriksson J E (1990b). *Factors influencing adsorption and plant uptake of cadmium from agricultural soils*. Diss. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. ISBN: 91-576-4111-0.
- Eriksson J, Söderström M, Andersson A (1995). *Kadmiumhalter i matjorden i svensk åkermark*. Naturvårdsverket, rapport 4450. ISBN: 91-620-4450-8.
- Eriksson J, Nilsson I, Simonsson M (2005). *Wiklanders marklära*. Lund: Studentlitteratur. ISBN: 978-91-44-02482-0.
- Grant C A, Buckley W T, Bailey L D, Selles F (1998). *Cadmium accumulation in crops*. Canadian Journal of Plant Science [online] 78: 1-17. Tillgänglig: <http://article.pubs.nrc-cnrc.gc.ca/RPAS/rpv?hm=HInit&journal=cjps&volume=78&afpf=P96-100.pdf> (2010-02-26).
- Hamon R, Wundke J, McLaughlin M, Naidu R (1997). *Availability of zink and cadmium to different plant species*. Australian Journal of Soil Research [online] 35: 1267-1277. Tillgänglig: http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=S97052.pdf (2010-02-26).
- Hellstrand S, Landner L (1998). *Cadmium in fertilizers, soil, crops and foods – the Swedish situation*. Swedish National Chemicals Inspectorate. KEMI Report no 1/98. ISSN: 0284-1185.
- Jansson G (2002). *Cadmium in arable crops. The influence of soil factors and liming*. Diss. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Agraria 341. ISBN: 91-576-6192-8.
- Jansson G, Öborn I (2000). *Cadmium Content of Swedish Carrots and the Influence of Soil Factors*. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 50: 49-56. ISSN: 0906-4710.
- Jansson G, Öborn I (2002). *Effects of liming on cadmium concentrations of potato tubers, cereal grains and straw*. Agraria 341, paper II. ISBN: 91-576-6192-8.
- Jarlöv L. *Kommentar till LRF:s skrivelse om avloppsslam*. (2010-01-20). Jordbruksaktuellt sid. 31.
- Jorhem L, Sundström B (1993). *Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the Swedish market 1983-1990*. Journal of Food Composition and Analysis [online] vol 6, p 223-241. Tillgänglig: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6WJH-45P13RC-M-1&_cdi=6879&_user=651610&_pii=S0889157583710252&_orig=search&_coverDate=09%2F30%2F1993&_sk=999939996&view=c&wchp=dGLzVtz-zSkzk&md5=b1a5fd92970871b314d1060b0f132743&ie=/sdarticle.pdf (2010-02-26).
- Järup L, Berglund M, Elinder C G, Nordberg G, Vahter M (1998). *Health effects of cadmium exposure – a review of the literature and a risk estimate*. Scand J Work Environ Health 24 suppl 1.52: 41-44.

Järup L, Hellström L, Alfvén T, Carlsson M D, Grubb A, Persson B, Pettersson C, Spång G, Schütz A, Elinder C-G (2000). *Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the OSCAR study*. Occupational and Environmental Medicine, 57 (10): 668-672.

Lindén A, Andersson K, Oskarsson A (2001). *Cadmium in Organic and Conventional Pig Production*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. [online] 40: 425–431. Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/d1u16xgkexvmu5jw/fulltext.pdf> (2010-02-26).

Lindgren G. Hemsida [online] 2010. Tillgänglig: <http://www.gunnarlindgren.com/> (2010-02-25).

Lohm U, Bergbäck B, Hedbrant J, Jonsson A, Svidén J, Sörme L, Östlund C (1997). *Databasen Stockhome, flöden och ackumulation av metaller i Stockholms teknosfär*. Linköpings universitet, Tema V Rapport 25. ISBN: 91-7219-133-3.

Naturvårdsverket (2009a). *Fosfor – resurser, tillgång, kvalitet, PM aug 2009*. [online] Tillgänglig: http://www.naturvardsverket.se/upload/30_global_meny/02_aktuellt/yttranden/Sa_har_vill_vi_aterfora_mer_fosfor_till_kretsloppet/Bil2-1_Rev_resurser_tillgang_kvalitet.pdf (2010-02-21)

Naturvårdsverket (2009b). *Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*. [online] Tillgänglig: http://www.naturvardsverket.se/upload/30_global_meny/02_aktuellt/yttranden/Sa_har_vill_vi_aterfora_mer_fosfor_till_kretsloppet/Slutrapport_RU_21.pdf (2010-02-21)

Parkman H, Iverfeldt Å, Borg H, Lithner G (1998). *Cadmium in Sweden – environmental risks*. Swedish National Chemicals Inspectorate. KEMI Report no 1/98. ISSN: 0284-1185.

Petersson Grawé K (1996). *Kadmium ett stort miljöproblem – men hur hamnar det i våra njurar?* Vår Föda 6: 1-12.

Steineck S, Gustafsson G, Andersson A, Tersmeden M, Bergström J (1999). *Stallgödselns innehåll av växtnäringsämnen och spårelement*. Naturvårdsverket, rapport 4974. ISBN: 91-620-4974-7.

Sundqvist I-B (1984). *Vegetariska kokboken*. Fjärde utgåvan 2004, andra tryckningen 2006. Västerås (ICA bokförlag). ISBN: 91-534-2572-3.

Svenskt Vatten (2009a). *REVAQ-certifiering av reningsverk - Sammanställning av påståenden frågor och svar gällande användning av slam från REVAQ-certifierade reningsverk på jordbruksmark*. [online] Tillgänglig: http://www.svensktvatten.se/web/REVAQ_-_fragor_och_svar.aspx (2010-02-21)

Svenskt Vatten (2009b). *EU sludge summary report 1. Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land*. [online] Tillgänglig: http://www.svensktvatten.se/web/REVAQ_-_fragor_och_svar.aspx (2010-02-21)

Tahvonen R, Kumpulainen J (1995). *Lead and cadmium in some berries and vegetables on the Finnish market in 1991-1993*. Food Additives and Contaminants [online] 12 (2): 263-279.

Tillgänglig:

<http://www.informaworld.com/smpp/search~db=all?field1=all&first=31&searchmode=advanced&searchtitle=713599661&ssubmit=true&term1=cadmium#summary> (2010-02-26).

Waalkes, M P (2003). Review Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* [online] 533 (1-2): 107-120. Tillgänglig: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T2C-49XPM16-6&_user=651610&_coverDate=12%2F10%2F2003&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1222028835&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C000035238&_version=1&_urlVersion=0&_userid=651610&md5=d2a0eead8207ce6ba8eb68a81e3be392 (2010-02-25).

Witter E, (2000). *Är tungmetaller i slam ett hot mot markens mikroorganismer?* Kungl. Skogs- och Lanbruksakademiens Tidskrift 139 (13): 19-25.

Wolnik KA, Fricke FL, Capar SG, Braude GL, Meyer MW, Satzger RD, Bonnin E (1983). *Elements in Major Raw Agricultural Crops in the United States. 1. Cadmium and Lead in Lettuce, Peanuts, Potatoes, Soybeans, Sweet Corn, and Wheat.* J Agric Food Chem [online] 31: 1240-1244. Tillgänglig: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00120a024> (2010-02-26).

Yara. Hemsida. [online] 2010. Tillgänglig:

http://www.yara.se/sustainability/4_point_guarantee_for_agricultural_products/environment/index.aspx (2010-02-21).

Åkesson A, Berglund M, Schütz A, Bjellerup P, Bremme K, Vahter M (2000). *Cadmium Exposure in Pregnancy and Lactation in Relation to Iron Status.* Karolinska Institutet Stockholm, Sweden. ISBN: 91-628-4290-0.

Åkesson A, Julin B, Wolk A (2008). *Long-term Dietary Cadmium Intake and Postmenopausal Endometrial Cancer Incidence: A Population-Based Prospective Cohort Study.* American Association for Cancer Research [online] 68 (15): 6435-6441. Tillgänglig: <http://cancerres.aacrjournals.org/cgi/reprint/68/15/6435> (2010-02-26).

Öborn I, Jansson G, Johnsson L (1995). *A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (Triticum aestivum), potatoes (Solanum tuberosum) and carrots (Daucus carota).* Water, Air and Soil Pollution [online] 85: 835-840. Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/m2201g2000j5q816/fulltext.pdf> (2010-02-26).